

**Fachliche Position der Staatlichen Geologischen Dienste von  
Berlin, Brandenburg, Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern,  
Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein  
zur Ausweisung des Teilgebietes „Tertiäres Tongestein“  
im Zwischenbericht Teilgebiete der  
Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH  
vom 28.09.2020**

Stand 01. Februar 2021

---

**Anlass**

Die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) hat am 28.09.2020 ihren „Zwischenbericht Teilgebiete“<sup>1</sup> gemäß § 13 Abs. 2 S. 3 StandAG veröffentlicht:

*„Im Ergebnis werden durch die Bewertung der identifizierten Gebiete (vgl. Kapitel 4.3.7) anhand der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien 90 Teilgebiete ausgewiesen, welche eine günstige geologische Gesamtsituation für die Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lassen.“*

Das Teilgebiet 004\_00TG\_053\_00IG\_T\_f\_tpg „Tertiäres Tongestein“ beschreibt laut BGE (siehe Tabelle Seite 144):

*„Tongesteine des Tertiär im Norddeutschen Becken (vorwiegend im Niedersächsischen Becken) – in Teilen von Berlin, Brandenburg, Bremen, Niedersachsen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein“. ...*

*„Das Teilgebiet bezieht sich auf die stratigraphische Einheit Tertiär (Paläogen), welche das Wirtsgestein Tongestein enthält. Es hat eine maximale Mächtigkeit von 1.055 Metern. Die Basisfläche des Teilgebietes befindet sich in einer Teufenlage von 400 Metern bis 1.500 Metern unterhalb der Geländeoberkante.“*

Das Teilgebiet „Tertiäres Tongestein“ umfasst 62.885 km<sup>2</sup>. Es wurden für Norddeutschland nur die Tongesteinsabfolgen aus dem älteren Paläogen ausgewiesen (Unteres Paläogen: Stufen des Thanet aus dem oberen Paläozän und des Ypres aus dem unteren Eozän).

---

<sup>1</sup> BGE (2020): Zwischenbericht Teilgebiete gemäß §13 StandAG, Stand 28.09.2020

### **BGE-Ansatz zur Ausweisung des Teilgebietes „Tertiäres Tongestein“**

*„Die BGE subsumiert unter dem Wirtsgesteinsbegriff Tongestein sowohl plastische Tone als auch Tonsteine, welche ... diagenetisch verfestigt sind. Gemäß §23 Abs. 5 Nr. 1 StandAG, muss der ewG [einschlusswirksame Gebirgsbereich] eines Endlagersystems eine geringe Gebirgsdurchlässigkeit mit kf-Werten von kleiner als  $10^{-10}$  m/s aufweisen. Des Weiteren dürfen keine Erkenntnisse oder Daten vorliegen, welche den Erhalt der Barrierewirkung gemäß § 23 Abs. 5 Nr. 5 StandAG zweifelhaft erscheinen lassen.“ (Zwischenbericht Teilgebiete Seite 41).*

Die BGE beschreibt in der „Anwendung Mindestanforderungen“<sup>2</sup>:

*„Tongesteine treten in verschiedenen stratigraphischen Einheiten auf, ihre Mächtigkeit und flächenmäßige Verbreitung sowie ihre Homogenität und stoffliche Ausbildung variieren jedoch stark. Das stratigraphische Inventar Deutschlands wurde systematisch auf vorkommende endlagerrelevante Tongesteinsabfolgen geprüft. Anhand von allgemeinen Beschreibungen der lithologischen Ausbildung, des regionalen Vorkommens und der Mächtigkeit der stratigraphischen Einheiten wurden potentiell endlagerrelevante Gesteins-einheiten in einem ersten Schritt (Inventarisierung, vgl. Kapitel 6.3.4 und Datenbericht Inventarisierung) identifiziert.“ ... „Auf Grundlage von 3D-Modellen, publizierten Beschreibungen, Karten und Bohrungsdaten wurden die Mindestanforderungen angewendet...“ (Seite 128) ...*

*„Für Bereiche, die nicht von einem Ausschlusskriterium betroffen sind und die alle Mindestanforderungen erfüllen, werden identifizierte Gebiete ausgewiesen. Dabei werden die aus der Bearbeitung resultierenden Einzelflächen zu einem Gebiet zusammengefasst.“ ... „Bei der Bewertung der für die Endlagerung relevanten Mächtigkeiten und Tiefenlagen muss jedoch beachtet werden, dass die Bearbeitung zunächst auf Basis stratigraphischer Einheiten beruht, die von endlagerrelevanten Gesteinstypen dominiert werden oder von denen zu erwarten ist, dass sie Bereiche enthalten, die aus Gesteinstypen bestehen, die alle Mindestanforderungen erfüllen...“ (Seite 133)*

*„Für Tongesteinsformationen des Obereozän, Rupelium und post-Rupelium in Norddeutschland ... bestehen bereits zum jetzigen Zeitpunkt begründete Zweifel, ob die vom StandAG vorgegebenen Mindestanforderungen gegenwärtig erfüllt sind bzw. über den Nachweiszeitraum von einer Million Jahren erfüllt werden können (vgl. (BGE 2020I)). Diese Formationen werden daher im Zuge der Anwendung der Mindestanforderungen nicht weiter berücksichtigt...“ (Seite 134)*

Zu den tertiären Tongesteinen Norddeutschlands führt die BGE in der „Anwendung Mindestanforderungen“ aus:

---

<sup>2</sup> BGE (2020) Anwendung Mindestanforderungen gemäß § 23 Stand AG (Untersetzende Unterlage zum Zwischenbericht Teilgebiete), Stand 28.09.2020

*„Eine besondere Herausforderung bei der Prüfung der Mindestanforderungen stellen die tertiären Tongesteine in Norddeutschland dar. Durch teils lokale Vorkommen, eine detaillierte stratigraphische Gliederung sowie regionale Abweichungen in der Nomenklatur der stratigraphischen Einheiten ist eine Harmonisierung im derzeitigen Schritt des Verfahrens nicht möglich (vgl. Kapitel 6.4). Wie auch für andere relevante Gesteinstypen üblich, wurden potentiell relevante Gesteine des Tertiärs in Norddeutschland zu einer chronostratigraphischen Einheit zusammengefasst. Diese stratigraphische Einheit ist in einem Teil der zu bearbeitenden Gebiete in geologischen 3D-Modellen abgebildet und wird daher wie in diesem Kapitel beschrieben bearbeitet. Für Gebiete, für die keine 3D-Modelle oder Karten zur Verfügung standen, wurden die Mindestanforderungen, basierend auf ausgewählten Schichtenverzeichnissen angewendet. Aus diesen Schichtenverzeichnissen wurde eine Basis- und eine Topfläche der stratigraphischen Einheit durch Interpolation erzeugt. Mit diesen Hilfsflächen konnte die Prüfung der Erfüllung der Anforderungen an die Mächtigkeit und die Tiefenlage eines ewG erfolgen. Die Bearbeitung dieser stratigraphischen Einheit wurde dokumentiert, Einzelheiten zur Bearbeitung sind in den Modellierprotokollen in der untersetzenden Unterlage „Datenbericht Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG und geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG“ (BGE 2020) nachzulesen.“ (Seite 80 ff)*

Die Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien beruht im Wesentlichen auf Referenzdatensätzen. Die BGE beschreibt in der „Anwendung Abwägungskriterien“<sup>3</sup>:

*„Für die Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien sind zumeist ortsspezifische, detaillierte Informationen notwendig. Solche geologischen Daten liegen in Schritt 1 der Phase I des Standortauswahlverfahrens nicht flächendeckend vor. Um dennoch eine Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien auf jedes identifizierte Gebiet zu gewährleisten, können für einige der Kriterien nach Anlage 1 bis 11 (zu § 24) StandAG wirtsgesteinsspezifische geologische Daten herangezogen werden. Diese auf Literatur basierenden Daten werden in den Referenzdatensätzen (BGE 2020b) zusammengestellt (vgl. Anwendungsprinzip (2) und (3) in Kapitel 5.4).“ (Seite 34)*

Für das Wirtsgestein Tongestein basieren die Indikatoren und Kriterien der Anlage 1 sowie 5 bis 10 (zu § 24 Abs. 3 bis 5) StandAG auf Referenzdatensätzen. Die Indikatoren und Kriterien der Anlagen 2, 3, 4 und 11 beruhen auf einer *„individuellen Bewertung des identifizierten Gebiets“*. (Seite 38)

*„Der Referenzdatensatz für Tongestein dient, falls keine oder sehr wenige ortsspezifische geologische Daten vorliegen, für die Bewertung aller Tongesteinsformationen. Dazu gehören sowohl verfestigte als auch unverfestigte Tongesteine.“<sup>4</sup> (Seite 21)*

---

<sup>3</sup> BGE (2020): Teilgebiete und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG (Untersetzende Unterlage zum Zwischenbericht Teilgebiete), Stand 28.09.2020

<sup>4</sup> BGE (2020): Referenzdatensätze zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen von § 13 StandAG Grundlagen, Stand 01.09.2020

## **Fachliche Position der Staatlichen Geologischen Dienste (SGD) der vom Teilgebiet „Tertiäres Tongestein“ betroffenen Bundesländer**

### **Datengrundlagen und Methodik der BGE**

Der Ausweisung des Teilgebietes „Tertiäres Tongestein“ durch die BGE liegen in Norddeutschland in den betroffenen Bundesländern sehr unterschiedliche Datengrundlagen zugrunde:

- Berlin und Brandenburg: Bohrungen und thematische Karten
- Mecklenburg-Vorpommern: Bohrungen und thematische Karten
- Niedersachsen, Hamburg und Bremen: „Geotektonischer Atlas 3D (GTA-3D)“
- Sachsen-Anhalt: Bohrungen und thematische Karten
- Schleswig-Holstein: Basismodell SH 2012 (GTA-3D) und Strukturmodell SH 2016 (aus Projekt „StörTief“)

Das Teilgebiet wurde, wenn vorhanden, aus geologischen 3D-Modellen abgeleitet und dort, wo sie nicht vorhanden sind durch Interpolation von Schichtgrenzen aus Einzelbohrungen ermittelt. Die Ausweisung des identifizierten Gebietes erfolgte für den Betrachtungsraum Nordostdeutschland (Brandenburg, Berlin, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt) durch die Auswertung von Bohrungen verschiedener Bohrdatenbanken sowie von Verbreitungskarten (Infos hierzu s. S. 757 ff im Datenbericht Teil 2 von 4).

Durch die Anwendung geowissenschaftlicher Abwägungskriterien im Wesentlichen anhand von Referenzdatensätzen wurde anschließend das Teilgebiet „Tertiäres Tongestein“ ausgewiesen, wobei festzustellen ist, dass dies nicht unbedingt zu einer Verkleinerung des „identifizierten“ Gebietes „Tertiäres Tongestein“ führte.

### **Prüfung der Mindestanforderungen**

Bei der Prüfung der Mindestanforderungen verfolgte die BGE einen „konservativen“ Ansatz, indem sie im ersten Schritt hin zur Identifizierung von Gebieten im Zweifelsfall eher mit einer Überschätzung der Verbreitung der Tongesteinsformationen gearbeitet hat.

Durch die Anwendung sehr unterschiedlicher Datengrundlagen ergeben sich für das Teilgebiet „Tertiäres Tongestein“ allerdings offensichtliche „Ungleichbehandlungen“ der betroffenen Bundesländer. Es ist kritisch zu betrachten, dass die jeweiligen Gesteinsformationen unter dem Begriff „Tertiäres Tongestein“ aufgrund der vorhandenen Informationen nicht nach einheitlichen Maßstäben betrachtet worden sind und dadurch Bundesländer ungleich behandelt wurden. Insbesondere der Verzicht der BGE zum jetzigen Zeitpunkt auf die Verwendung von Datengrundlagen aus den analogen Archiven einiger SGD bzw. bei digitalem Datenbestand den vollständigen Rückgriff auf die in diesen Unterlagen vorhandenen sehr viel detaillierteren Basisinformationen incl. der verwendeten 3D-Modelle

widerspricht dem Ansatz einer auf einheitlichen Kriterien basierenden Gebietsausweisung. Dies stellt nicht in jedem Fall ein konservatives Ergebnis sicher.

Der Umgang mit dieser „Verteilungsungerechtigkeit“, bezogen auf die heterogene Datenbasis, ist ein wesentlicher Aspekt, den die BGE hätte berücksichtigen sollen. Die Vorgehensweise der BGE, im Wesentlichen mit einem Werkzeug, das als Modell im Maßstab 1:300.000 (Geotektonischer Atlas 3D) „nur“ stratigraphische Einheiten abbildet, ein Teilgebiet für die beschriebenen Einheiten des Paläogen als potenzielles Wirtsgestein belastbar nach den Maßstäben des StandAG abzugrenzen, wird seitens der SGD als zu starke Vereinfachung gesehen.

Der sehr unterschiedliche Detaillierungsgrad der verwendeten Datengrundlagen (z.B. Flächen im GTA-3D im Maßstab 1:300.000) lassen Zweifel aufkommen, ob die abschließende, d.h. der Schritt vom identifizierten Gebiet „Tertiäres Tongestein“ hin zur Ausweisung des Teilgebietes „Tertiäres Tongestein“ in Norddeutschland belastbar ist. Aufgrund der Modellgrenzen endet das Teilgebiet bspw. an einigen Stellen an Ländergrenzen, weil hier eine Datenharmonisierung offensichtlich nicht möglich war. Demnach erfolgte hier die Ausweisung des Teilgebietes nicht anhand geologischer Bewertungen (sondern anhand politischer Grenzen). Im Grunde kann dies dazu führen, dass eine Fläche aufgrund fehlender oder kleinmaßstäblicher Daten oder Daten, die bspw. in den Archiven der SGD nicht recherchiert wurden, ausgeschlossen wurde. Nach dem Gesetz müsste hier zum Umgang mit diesen Gebieten eine Empfehlung seitens der BGE ausgesprochen werden (§13 StandAG) und diese Gebiete umgekehrt weder ausgeschlossen noch als Teilgebiet ausgewiesen werden. Der Ansatz wäre im diesem Sinne nicht „konservativ“.

Der GTA-3D als Modell für Niedersachsen, Hamburg und Bremen sowie die in Schleswig-Holstein verwendeten Modelle (Basismodell SH 2012 (GTA-3D) und Strukturmodell SH 2016 (aus Projekt „StörTief“) bilden „nur“ stratigraphische Einheiten ab, die für eine Bewertung der Gesteinsformationen in lithostratigraphische bzw. am Ende lithologische Einheiten übersetzt werden mussten. Ohne eine systematische und umfängliche Hinzuziehung sowie Prüfung der Informationen aus vorhandenen und zugänglichen Tiefbohrungen (die der BGE vor Veröffentlichung des Zwischenberichtes vorlagen) ist dies nicht möglich. Das Ergebnis stellt dementsprechend eine starke Vereinfachung dar. Die aus den angegebenen Quellen ermittelten Mächtigkeiten im Paläogen von bis zu 1.055 m sind zwar im Sinne eines konservativen Vorgehens (maximal angetroffene Mächtigkeit des Paläogen) nicht zu beanstanden, für das Wirtsgestein Tongestein im Tertiär aber über das gesamte Verbreitungsgebiet Norddeutschlands genommen deutlich überschätzt.

Für den sich nun anschließenden Schritt zur Einengung dieses Teilgebietes auf eine oder mehrere Standortregionen stellt sich die Frage, ob und wie dies überhaupt geowissenschaftlich belastbar vorgenommen werden kann.

## **Verwendung von Referenzdatensätzen bei der Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien**

Sieben der Indikatoren und Kriterien nach § 24 StandAG (Geowissenschaftliche Abwägungskriterien) beruhen auf der Verwendung von Referenzdatensätzen, vier Kriterien beruhen auf der Grundlage gebietsspezifischer Daten. Die Referenzdatensätze wurden losgelöst von der Stratigraphie und Erdzeitalter und der sehr unterschiedlichen Lithologie der jeweiligen Tongesteinsformationen für alle Tongesteine gleichermaßen und ohne weitere Differenzierung untereinander angewendet. Dabei wurden überwiegend Datensätze aus verfestigten Tonsteinen (Jura/Kreide) als Referenzdatensätze abgeleitet.

Insbesondere für das Teilgebiet „Tertiäres Tongestein“ ist diese Vereinheitlichung nicht nachvollziehbar und wird als nicht sachgerecht eingestuft. Für die tertiären Tongesteine ist zwingend ein eigener Referenzdatensatz erforderlich.

Zahlreiche Bohrungen und Schichtenverzeichnisse, die der BGE von den SGD zur Verfügung gestellt wurden, belegen die große Heterogenität und lithofazielle Differenzierung der tertiären Abfolgen. Die tertiären (paläogenen) Sedimente in Norddeutschland sind gekennzeichnet durch sehr unterschiedliche Faziesräume und große lithologische Unterschiede innerhalb des Verbreitungsgebietes. Wichtige Eigenschaften (u. a. mineralogische Zusammensetzung, Art und Anteil der Tonminerale, Porosität, Permeabilität, Korngröße, Konsistenz, Paläotemperatur) dieser erdgeschichtlich relativ jungen Tongesteine unterscheiden sich wesentlich von denen älterer, prätertiärer Tongesteine.

Für das Verständnis der Eigenschaften und des Verhaltens von Tongesteinen ist deren diagenetische Überprägung von großer Bedeutung. Im Gegensatz zu den Jura- und Unterkreide-Tongesteinen haben die tertiären Tongesteine keine tiefe Versenkung erfahren (Stichwort „Inversion des Niedersächsischen Beckens“). Tertiäre Tongesteine und dementsprechend auch die paläogenen Tongesteine weisen je nach Tiefe und Region sehr variierende Verfestigungsgrade auf.

Die BGE stellt im Zwischenbericht Teilgebiete dar, dass die potentiellen Tongesteinsformationen untergeordnet andere Gesteine (z.B. Sandsteine, Kalksteine, usw.) enthalten. Weiterhin wird nicht zwischen plastischen und verfestigten Tonen unterschieden. Eine Prüfung, inwieweit diese Einlagerungen die Barrierewirkung des Tongesteins vermindern, wurde bisher seitens BGE nicht vorgenommen.

Grundsätzlich ist die Annahme gerechtfertigt, dass die in diesen Zeiträumen abgelagerten feinkörnigen Sedimente granulometrisch häufig in den Tonbereich eingestuft wurden. Dabei wurde in den Originalbearbeitungen primär in unverfestigte Tone und verfestigte Tongesteine differenziert, die stellenweise siltig bis sandige Zwischenlagen aufweisen können. Es ist davon auszugehen, dass im Rahmen der geologischen Bearbeitung zum Zeitpunkt der Bohrung bzw. Probenbearbeitung bei der Klassifikation von den geologischen Bearbeiter\*innen bewusst zwischen „Ton“ und „Ton(ge)stein“ unterschieden wurde und auf Grund der

nicht abgeschlossenen Diagenese der relativ jungen tertiären Schichten gravierende Festigkeitsunterschiede anzunehmen sind. In vielen Fällen ist in den Schichtenverzeichnissen die Bezeichnung „Ton“ durch die Konsistenzbegriffe plastisch, weich, mild oder mäßig fest ergänzt worden. Dadurch wurden Festigkeitsunterschiede dokumentiert und eine lithologische Abgrenzung vorgenommen.

Auffällig ist weiterhin, dass an manchen Schichtprofilen gerade im Bereich der Stufen Ypresium bis Thanetium bspw. in Schleswig-Holstein in ein und derselben Bohrung eine Differenzierung zwischen hangenden jüngeren Tonen und liegenden älteren Tonsteinen aufgezeigt werden konnte. Es kann also nicht davon ausgegangen werden, dass die lithologischen Bezeichnungen Ton und Ton(ge)stein beliebig benutzt wurden, sondern dass sie sehr wohl einen prinzipiellen diagenetischen Unterschied markieren und charakterisierende lithologische Termini darstellen, die infolgedessen auch unterschiedliche Gesteinseigenschaften kennzeichnen. Von daher wäre es eigentlich zu erwarten gewesen, dass auch seitens der BGE diese Unterschiede betrachtet und beachtet worden wären und demzufolge eine weitere Differenzierung des Teilgebietes geboten gewesen wäre.

Die Auswertung von zahlreichen Bohrungen im Rahmen von §21 Stellungnahmen der SGD hat gezeigt, dass die Schichten des Paläozän sehr heterogen zusammengesetzt sind und nicht flächendeckend als Tongesteinsformation zu betrachten sind. Die Schichten des Untereozän enthalten oftmals Feinsandsteine neben Tonsteinen. In den Einheiten Mitteleozän und Obereozän treten häufig Mergelsteine auf. Es gibt zahlreiche Beispiele, in denen die Paläozän-Untereozän-Schichten als aus nicht verfestigten Tonen bestehend beschrieben werden.

Im Gegensatz zu Tonsteinen stellen Tone durch ihre im Sinne eines Endlagerstandorts „negativen“ Festigkeitseigenschaften ein Risiko im Hinblick auf die Standfestigkeit eines Endlagerbergwerkes dar. Stellenweise wird das tonige Material, z.B. in Schleswig-Holstein aber auch anderswo, als kleinbröckelig, zerfallend und mit Haarrissen und Harnischen durchzogen beschrieben. Darüber hinaus ist durch eine anzunehmende Wärmeentwicklung eingelagerter radioaktiver Stoffe eine Änderung der tonmineralogischen Zusammensetzung möglich.

Unter Berücksichtigung der Festigkeitseigenschaften sowie einer teilweisen heterogenen Zusammensetzung durch siltige und feinsandige Zwischenlagen bis hin zu Tuffiten muss die Eignung der tertiären Sedimente als potenzielles Wirtsgestein im weiteren Abwägungsprozess kritisch betrachtet werden.

### **Weitere Offene Fragen**

Die BGE sollte darlegen, wie die Wissenslücken zu den Eigenschaften tertiärer Tongesteine nach dem Stand von Wissenschaft und Technik geschlossen werden sollen und welchen ggfs. weiteren Forschungsbedarf sie sieht.

Für das Verständnis der Eigenschaften und des Verhaltens von Tongesteinen ist deren diagenetische Entwicklung von großer Bedeutung. Die unterschiedlichen Diagenese-Stadien (und ihre Abhängigkeit von der Tiefe, aber auch vom Kalkgehalt) der paläogenen Sedimente in Norddeutschland sind daher detailliert zu betrachten. Hierbei sind neben der sedimentologischen, stratigraphischen und paläogeographischen Charakterisierung auch der Kenntnisstand in Bezug auf Regressionsphasen und Erosionshorizonte zu erheben. Mögliche laterale (z.B. Becken-, Schwellen-, Küstensedimente) und vertikaler Differenzierungen (z.B. Leithorizonte, Tufflagen) sind zu ermitteln. Welche Faktoren beeinflussen die Diagenese?

Vollzieht sich die Diagenese tiefenabhängig „von unten nach oben“ ab einem bestimmten Auflastdruck oder bankweise, von welchen Faktoren ist sie abhängig?

Die regionale und lokale Versenkungsgeschichte der Sedimente ist zu untersuchen und der Kenntnisstand in Bezug auf mögliche biogene Bestandteile sowie auf eine etwaige Öl- und Gasführung zu erweitern. Wie sieht es z.B. mit organikreichen Horizonten in den tertiären Sedimentabfolgen aus?

Die Eigenschaften und das Verhalten von Tongesteinen werden maßgeblich von der mineralogischen Zusammensetzung bestimmt. Hinsichtlich einer Eignung als Wirtsgestein sind neben der Art und dem Anteil der Tonminerale auch der Gehalt bestimmter Nebenbestandteile von besonderem Interesse.

In Bezug auf die mineralogische Zusammensetzung ist zu klären worin sich die norddeutschen Tongesteinsformationen von den Tongesteinsformationen unterscheiden, die international (z.B. Frankreich, Schweiz, Belgien) als Wirtsgesteine in Betracht gezogen werden. Wie hoch ist bspw. der Tonmineralanteil und welche Rückschlüsse auf die Gesteinseigenschaften (Quellfähigkeit, Rückhaltevermögen, etc.) lassen sich daraus für die tertiären Tongesteine ziehen. Für eine mögliche Mobilisierung von Radionukliden ist der Karbonatgehalt des Gesteins mitentscheidend. Auch der Pyritgehalt ist ein wichtiger mineralogischer Parameter, da bspw. eine Freisetzung von Schwefelsäure durch Pyritoxidation in der bergbaulich bedingten Auflockerungszone bei der Errichtung eines Endlagerbergwerks nicht auszuschließen ist.

Für die Eignung eines Tongesteins als Wirtsgestein ist dessen Maximaltemperaturbelastung in der geologischen Vorgeschichte (Paläomaximaltemperaturen) von erheblicher Relevanz. Bei Überschreitung der Paläomaximaltemperaturen besteht die Befürchtung einer Verschlechterung der Barrierefunktionen durch sekundäre Prozesse wie die Alteration der vorhandenen organischen Substanzen, die sich wiederum nachteilig auf das Rückhaltevermögen von Radionukliden auswirken könnte. Die heutigen Tiefenlagen von Tongesteinen sind nicht mit den maximalen Versenkungstiefen gleichzusetzen.

Dementsprechend ist für die tertiären Tongesteinsformationen die Maximaltemperaturbelastung in der geologischen Vorgeschichte (Paläomaximaltemperaturen) zu ermitteln. Die dafür national und international verwendeten Methoden zur



Paläomaximaltemperaturbestimmung von Tongesteinen bzw. der Wirtsgesteinscharakterisierung sind auf ihre Vorteile, Nachteile und ihre generelle Anwendbarkeit für tertiäre Tongesteine zu sichten und zu bewerten. In diesem Zusammenhang spielen auch die Art, Menge und Reife organischer Substanzen in tertiären Tongesteinen einerseits sowie der möglichen Alteration/Zersetzung durch Temperatureinflüsse andererseits eine wichtige Rolle.

Mit Blick auf die mögliche Eignung tertiärer Tongesteine für die Errichtung, den Betrieb und die Stilllegung einer Anlage zur Endlagerung hochradioaktiver Abfälle sind weiterhin Fragen zur geomechanisch/geotechnischen Charakterisierung und zur Standsicherheit von entscheidender Bedeutung.

Die geomechanischen Kennwerte und deren Bandbreite, insbesondere für Wärmeleitfähigkeit, thermischer Ausdehnungskoeffizient, Festigkeiten, Steifigkeiten, Viskosität, Schrumpfen, Wassergehalt sind zu ermitteln.

Die Frage, ob die geomechanisch/geotechnischen Eigenschaften und Kennwerte von oberflächennah anstehenden tertiären Tongesteinen und von oberflächennah anstehenden Tongesteinen anderer geologischer Einheiten, z.B. jurassischen Tongesteinen, auf tertiäre Tongesteine in Teufen eines Endlagers übertragbar sind, ist kritisch zu betrachten. Sind die geotechnischen Erfahrungen mit anderen Tongesteinen überhaupt auf tertiäre Tongesteine (auch in der Anwendung von Referenzdatensätzen) anwendbar?

Wie werden z.B. die Primärspannungszustände, insbesondere in Hinblick auf einen eventuell vorhandenen horizontalen Spannungsüberschuss bewertet?

Wie unterscheiden sich paläogene Tongesteinsformationen von anderen Tongesteinsformationen (z.B. jurassische Tongesteinsformationen) in Hinblick auf ihre Temperaturvulnerabilität und die Fähigkeit zur hydraulisch und mechanisch wirksamen Risschließung?

Es wäre zu prüfen, ob (andere) Stoffgesetze für die Modellierung tertiärer Tongesteine und deren thermischen, hydraulischen, mechanischen und chemischen Verhaltens benötigt werden.

In Bezug auf die Standsicherheit ist von Interesse, in welchen Bau- oder Forschungsprojekten in tertiäre (paläogene) Tongesteinen Auffahrungen durchgeführt oder geotechnische Bauwerke erstellt wurden. Welche geotechnischen und geomechanischen Erfahrungen wurden dabei gewonnen (Teufenlage, Ausbauart, Ausbaugrad)? Welche besonderen Problemstellungen traten dabei auf? Sind Schwierigkeiten bei einer langen Offenhaltung z.B. für eine Rückholung zu erwarten und welche können das sein? Gibt es Untersuchungen/Überlegungen zur technischen Machbarkeit der Rückholung, wenn ja, welche?

Welche Teufe kann für die Erstellung von Hohlräumen in tertiären (paläogenen) Tongesteinen aufgrund des notwendigen Ausbaus als maximal möglich angesehen werden?

Bei all diesen offenen Fragen steht im Raum, wie die BGE plant, diese Wissenslücken in Bezug auf die tertiären Tongesteine zu schließen? Sollte die BGE die tertiären Tongesteine

weiterhin in ihre Betrachtungen einbeziehen, welche weiteren Forschungsarbeiten sind von ihr geplant bzw. welche offenen Fragen sieht die BGE selbst bei diesem Wirtgestein?

---

### **Regionalgeologische Hinweise zur Ausweisung des Teilgebietes „Tertiäres Tongestein“**

#### **Berlin**

Das Teilgebiet „Tertiäres Tongestein“ liegt u. a. im Nordwesten des Landes Berlin. Seine Ausdehnung für den Berliner Raum lässt sich mit den vorliegenden Informationen regionalgeologisch nicht nachvollziehen.

Als entscheidungserheblich für die Gebietsabgrenzung wird von der BGE auch die im Land Berlin positionierte Bohrung Berlin 1 (321006000101) genannt, in der nach Kenntnis des geologischen Dienstes von Berlin keine Sedimente des oberen Paläozäns oder unteren Eozän vorhanden sind. Vielmehr lagert in dieser am Rand des Teilgebietes gelegenen Bohrung unteroligozäner Rupelton in einer Bohrteufe von [REDACTED] direkt auf mesozoischen Keuperschichten. Vergleichbare Schichtenfolgen sind auch in weiteren der BGE zur Verfügung gestellten Tiefbohrungen aufgeschlossen, wie z. B. in den weiter nordwestlich im Teilgebiet lokalisierten Bohrungen Berlin 2, Berlin 3, Berlin 4, Berlin 15. Auch in der ebenfalls deutlich innerhalb des Teilgebietes gelegenen Bohrung 425B-3091, deren Informationen der BGE inkl. Schichtenverzeichnis vorliegen, sind keine Schichten des oberen Paläozäns und unteren Eozän aufgeschlossen. Hier wurden lediglich geringmächtige Tone des oberen Mittel- bzw. Obereozän erbohrt. Dementsprechend ist die Ausweisung des Teilgebietes „Tertiäres Tongestein“ für den Raum Berlin regionalgeologisch in Frage zu stellen.

#### **Brandenburg**

Die Lithologie aus den Bohrungen Bad Wilsnack Sol Wlk 1/96 in der Prignitz und Velten Gt Vet 2/90 nördlich Berlin belegt die heterogen aufgebauten Wechselfolgen des Paläogens:

- Hauptsächlich wird das Paläogen Brandenburgs aus Schluffen (nach Korngröße definiert in DIN 4022 und DIN EN ISO 14688 von 2004) aufgebaut.
- Weiter wird das Paläogen aus Tonmergeln, Schluffmergeln, Kalkschluffen, Sanden, Kalksand und Tonen zusammengesetzt.
- Dem sind Konkretionen und Bänke bzw. Flöze von Kalkmergelsteinen, Kalksteinen, Kalksandsteinen, Braunkohlenschluffen, Braunkohlentonen und Braunkohlen eingelagert.

Da beide Bohrungen in Salzabwanderungssenken geteuft wurden, in denen Absenkungsphasen infolge Salzabwanderung auch im Paläogen stattfanden, weisen darin einige Abschnitte des Paläogens auch erhöhte Mächtigkeiten und Lithofaziesdifferenzierungen auf,

die nur lokal in diesen Senken auftreten, insbesondere in den einzelnen Diapirrandsenken auch zu unterschiedlichen Zeiten. Paläogene Tone über 100 m Mächtigkeit treten somit in Brandenburg nur lokal in Salzabwanderungssenken auf. Daher wird bei deren Flächengrenzung im Zwischenbericht Teilgebiete der BGE insbesondere die nach StandAG § 23 Absatz 5 Punkt 2 erforderliche Mindestanforderung „Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ nicht erfüllt und dieses Gebiet hätte infolgedessen nicht als identifiziertes Gebiet in die Anwendung der Geowissenschaftlichen Abwägungskriterien aufgenommen werden dürfen.

Es erscheint daher nicht plausibel, aus einer heterogen lithologischen Zusammensetzung wie beispielsweise im Paläogen von der Rupelton-Formation (Unter-Oligozän) aus hauptsächlich Schluffen, Tonen, Ton- und Schluffmergeln in Nordwest-Brandenburg (mit Sand-Zwischenschaltungen in Ost-Brandenburg außerhalb des Teilgebietes 005\_00TG) ein Wirtsgestein „Tertiäres Tongestein“ herzuleiten.

### **Hamburg**

Für die Ausweisung des Verbreitungsgebietes „Tertiäres Tongestein“ wurde die Basisfläche des oberen Eozän des Geotektonischen Atlas 3D gewählt, und mit dem Basiskriterium 1.500 m verschnitten. Dies ist für das GLA Hamburg nachvollziehbar.

Laut Geotektonischem Atlas 3D ist diese Formation auch am Othmarschen-Langefelde-Diapir aufgeschleppt, erreicht aber nicht Teufen oberhalb 1.500 m. Daher ist die Verbreitung dieser Formation in der veröffentlichten Karte ab der Grenze zu Schleswig-Holstein nicht plausibel.

Neben der Erdgas- und Erdölförderung als Solche, die durchaus auch zu starken und mitunter negativen Auswirkungen auf die Eigenschaften des Untergrunds für ein Endlager führen kann, bestand für das ehemalige Erdölfeld Reitbrook eine Nachnutzung als Gasspeicher. Durch das wiederholte Füllen und Entleeren des Gasspeichers unter dem potentiellen Wirtsgestein „Tertiäres Tongestein“ ist es zu Hebungen gekommen, die auch an der Oberfläche nachweisbar sind. Der Bewegungsbereich des Gasspeichers, der von 1973 – 2017 am Standort Reitbrook betrieben wurde, kann aus den Radarinterferometriedaten (Daten BBD-Programm der BGR), die der BGE vorliegen sollten, abgeleitet werden. Die Hebungen lagen in den letzten Jahren der Nutzung demnach in einer Größenordnung bis zu einigen Zentimetern. Der betroffene Bereich entspricht in etwa der Ausdehnung der im GTA-3D dargestellten Salzstockberandung und etwas darüber hinaus (ca. 4 km im Durchmesser).

Es ist daher davon auszugehen, dass es auch im Bereich der überlagernden Deckschichten und damit auch im Bereich des potenziellen Wirtsgesteines „Tertiäres Tongestein“ zu Schädigungen wie Rissbildung gekommen sein könnte. Dies hätte bei der Ausweisung des Teilgebietes differenziert betrachtet und dementsprechend berücksichtigt werden müssen.

## **Niedersachsen**

Für Niedersachsen wurde noch keine detaillierte regionalgeologische Betrachtung des Teilgebietes „Tertiäres Tongestein“ vorgenommen, es ist jedoch zu erwarten, dass vergleichbar wie in den benachbarten Bundesländern ähnliche Beispiele und vor allem großflächige Regionen identifiziert werden könnten, die die Ausweisung des Teilgebietes „Tertiäres Tongestein“ in der aktuellen Ausprägung mehr als in Frage stellen. Die Verhältnisse, wie sie bspw. aus Schleswig-Holstein beschrieben werden, wären auch für Niedersachsen nach regionalgeologischer Prüfung nicht überraschend und mitunter übertragbar.

## **Mecklenburg-Vorpommern**

Das Teilgebiet „Tertiäres Tongestein“ umfasst nahezu die gesamte westliche Landesfläche von Mecklenburg-Vorpommern. Zur Abgrenzung wurden dafür vor allem Tiefbohrungen und thematische Karten herangezogen. Ergänzend dazu kann auch der seismische Reflektor T1 verwendet werden, der die transgressive Basis des Tertiär in Nordostdeutschland abbildet, und in Form von Isobathenkarten vorliegt.

Die Isolinien des Reflektors zeigen an, dass das von der BGE ausgewiesene Teilgebiet auch Bereiche oberhalb von Salzstrukturen einschließt, in denen sich die Basis der alttertiären Abfolgen nicht tiefer als 300 m u. NN befindet. Dies betrifft die Salzkissen Brustorf, Karow-Schwaan, Krakow am See, Marnitz, Neubuckow und Triebkendorf. Teilweise fehlt das Tertiär im Top dieser Antiklinalstrukturen völlig.

In den zahlreich vorhandenen Bohrungen sind die Abfolgen des Paläozän und Eozän häufig >100 m mächtig. Jedoch bestehen diese bis etwa 600 m Tiefe überwiegend aus unverfestigten und damit noch plastischen Tonen und enthalten teilweise auch Ton/Schluff-Wechselagerungen. Aufgrund ungünstiger geomechanischer Eigenschaften und erhöhter Sensitivität gegenüber Temperaturerhöhungen sollten diese Bereiche von einer weiteren Betrachtung ausgenommen werden.

## **Schleswig-Holstein**

Die Konsistenz der tertiären Tonfolgen des Untereozän 2 bis 4 wird in den Bohrungsbeschreibungen in vielen Regionen als „plastisch“ und „weich“ beschrieben. Auf eine unvollkommene diagenetische Verfestigung weisen auch Beschreibungen wie „zäh“ hin.

In allen Regionen Schleswig-Holsteins finden sich in größerer Zahl Schichtenverzeichnisse, die untereozänes und oberpaläozänes Material als „mild“ sowie „mäßig fest“ beschreiben.

Es kann also davon ausgegangen werden, dass die allgemeine lithologische Einstufung als „Ton“ (und nicht als Tonstein) weiten Teilen des Landes – auch in endlagerrelevanten Tiefen – zutrifft.

Mit Blick auf die mineralogische Zusammensetzung der Tone in Schleswig-Holstein ist für die Tone des Ypresiums (Eozän) die enthaltenen quellfähigen Montmorillonite hervorzuheben. Besonders in sog. „Grüner Eozän“ bilden die quellfähigen Montmorillonite bis zu 50% des Gesamtanteils an Tonmineralen.

Die paläogeographische Situation Schleswig-Holsteins ist durch den von Salzmauern und Salzdiapiren überprägten Glückstadtgraben gekennzeichnet. Durch noch im Tertiär andauernde Halokinese konnte es an den Flanken der Salzstrukturen stellenweise zu erosiven Prozessen kommen, deren Spuren sich in den benachbarten Trögen durch unterschiedlich mächtige siltig/sandige Zwischenlagen dokumentieren. Weiterhin ist besonders das Untereozän 1 durch Tuffitlagen gekennzeichnet.